

EP 28378 (3)



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(10) DE 44 32 208 A 1

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 C 21/04  
G 08 G 1/0958

(21) Aktenzeichen: P 44 32 208.9  
(22) Anmeldetag: 9. 9. 94  
(43) Offenlegungstag: 16. 3. 95

DE 44 32 208 A 1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)  
10.09.93 FR 93 10778

(71) Anmelder:  
Société d'Applications Générales d'Electricité et  
de Mécanique SAGEM, Paris, FR

(74) Vertreter:  
Popp, E., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr. rer. pol.;  
Sajda, W., Dipl.-Phys.; Reinländer, C., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Bohnenberger, J., Dipl.-Ing. Dr. phil. nat.,  
80538 München; Bolte, E., Dipl.-Ing.; Möller, F.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 28209 Bremen

(72) Erfinder:  
Salle, Stéphane, Cergy, FR

(54) Navigationsverfahren mit Hilfe einer vektorisierten Geländekarte

(57) Es wird ein Navigationsverfahren an Bord eines Fahrzeugs angegeben; bei dem man in Kenntnis des Ausgangsstandorts (6) des Fahrzeugs, ausgehend von Werten (2, 4), die von an Bord des Fahrzeugs befindlichen Navigationsfühlern (1, 3) geliefert werden, den Standort des Fahrzeugs errechnet (31, 41), den man auf eine vektorisierte elektronische Karte (9) überträgt, um einen Wegabschnitt (36) auszuwählen, der den wahrscheinlichsten Standort (35) des Fahrzeugs enthält. Bei dem Verfahren ergänzt man den errechneten Standort (8) durch eine ihn umgebende Unbestimmtheitsfläche (23; 33), man sucht (44) einen Wegabschnitt (26, 27; 36) in der Unbestimmtheitsfläche (23; 33) und wandelt die Unbestimmtheitsfläche in eine auf diesen Wegabschnitt (36) eingestellte, verkleinerte Fläche (34) um.

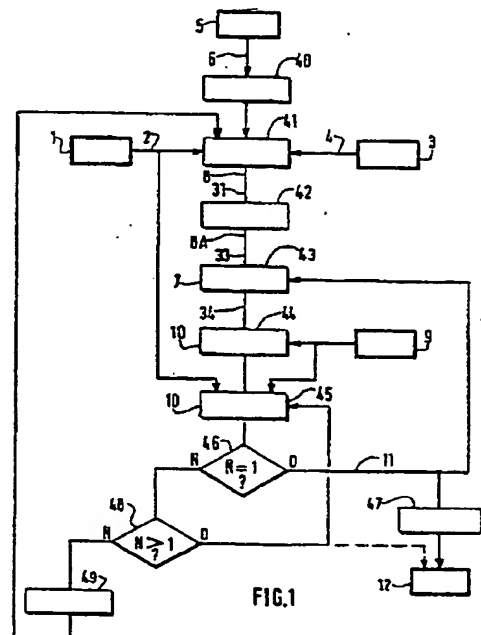


FIG.1

BEST AVAILABLE COPY

DE 44 32 208 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Navigation an Bord eines Fahrzeugs, bei welchem man in Kenntnis der Ausgangsposition eines Fahrzeugs, Standortdaten des Fahrzeugs ausgehend von Werten errechnet, die von an Bord des Fahrzeugs befindlichen Navigationsführern geliefert werden, und diese errechneten Daten mit einer vektorisierten elektronischen Karte von einer geographischen Zone, in der sich das Fahrzeug bewegt, vergleicht, um einen Wegabschnitt auszuwählen, der den wahrscheinlichsten Standort des Fahrzeugs enthält.

Die Navigation und insbesondere die Bodennavigation hat die Aufgabe, eine Angabe über den Standort eines Fahrzeugs zu liefern. Da dieses sich im allgemeinen in einem System von Verkehrswegen bewegt, kann sich die Angabe dieses Standorts auf eine Karte dieses Systems beziehen, was es dem Fahrer des Fahrzeugs ermöglicht, über eine sehr konkrete visuelle Information zu verfügen, die es ihm erlaubt, an den charakteristischen Punkten dieses Systems Entscheidungen zur Richtungsänderung zu treffen.

An Bord des Fahrzeugs gestatten Meßergebnisse, die von Führern, beispielsweise Bewegungsführern, wie z. B. einem Wegstreckemesser und einem Magnetometer, die die zurückgelegte Entfernung und den Kurs liefern, angegeben werden, wenn man die Ausgangsposition kennt, die rechnerische Bestimmung der folgenden Standorte.

Der errechnete Standort befindet sich jedoch häufig außerhalb eines Wegabschnitts, da er Fehlern unterliegt, die auf die begrenzte Präzision der Führer zurückzuführen sind, und zwar um so mehr, als die Karte, die informatisiert ist bzw. eine für Rechner verarbeitbare Form hat, ebenfalls eine begrenzte Genauigkeit besitzt. Man kann nun aus den Rechenelementen einen neuen Standort ableiten, der näher bei dem realen Standort des Fahrzeugs liegt und mehr Kohärenz mit der vektorisierten Karte hat. Es sind vier Methoden bekannt, mit denen dies versucht werden kann.

Nach der ersten Methode der statischen "kartographischen Anpassung" (map matching) wählt man den Wegabschnitt aus, der dem errechneten Standort am nächsten ist, oder geht vor, indem man das Verhalten des Fahrers berücksichtigt. Diese Methode kann zu offensichtlich unkorrekten Wahlen führen, die sich in "Sprüngen" zwischen benachbarten Abschnitten bemerkbar machen.

Bei der zweiten Methode der Hypothesenverfolgung korreliert man jeden der möglichen Wege mit den Messungen der Führer und scheidet fortschreitend die Wege aus, die mit einer Wahrscheinlichkeit behaftet sind, die nach der Berücksichtigung der letzten Messungen zu gering geworden ist. Diese Methode kann zu einem unkontrollierten Anwachsen der Rechenzeit oder einem rapiden Anwachsen der Kombinationen der verschiedenen mit dem Fahrzeugweg zusammenhängenden Ereignisse führen, was den betreffenden Rechner blockieren könnte.

Bei der dritten Methode, die mit einer Bewegungsbahnkorrelation oder mit einer Profilkorrelation arbeitet, vergleicht man die gespeicherte Bewegungsbahn des Fahrzeugs oder ihre synthetische Darstellung mit der Topologie des Wegenetzes. Die Bewegungsbahn muß jedoch ausreichend charakterisiert sein, d. h. sie muß Richtungsänderungen oder charakteristische Punkte besitzen, die für die Führer feststellbar sind. Außerdem erfordert diese Methode viel Rechenzeit.

Bei der vierten Methode schließlich, die eine Methode der "dynamischen kartographischen Anpassung" ist, zieht man ergänzend zu den kartographischen Daten ein Modell heran, das die maximalen dynamischen Eigenschaften des Fahrzeugs, wie z. B. Beschleunigung und Kursänderungsgeschwindigkeit, und die Genauigkeit der Führer angibt, um manche wahrscheinliche Standorte als unwahrscheinliche Positionen auszuschließen.

Diese letzte Methode bringt jedoch nur wenig Einschränkungen in der Wahl des realen Standorts mit sich, so daß die Mehrdeutigkeit zwischen benachbarten Wegen häufig bestehen bleibt.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, diese letzte Methode zu verbessern.

Zu diesem Zweck betrifft die Erfindung ein Verfahren des oben beschriebenen Typs, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man in den Vergleich die errechneten Standortdaten durch Daten ergänzt, die eine um den errechneten Standort umgebende Unbestimmtheitsfläche darstellen, daß man mindestens einen Wegabschnitt sucht, der im Inneren der Unbestimmtheitsfläche gelegen ist, und daß man dann, wenn nur einer vorhanden ist, die Unbestimmtheitsfläche in eine Näherheitsfläche umwandelt, die der Fläche entgegengesetzt und auf diesen Abschnitt zentriert ist.

So entspricht der gelieferte Standort einem wahrscheinlichen Standort. Beim Fehlen eines Wegabschnitts in der Unbestimmtheitsfläche, was beispielsweise auf einen Fehler in der Aktualisierung der Karte zurückzuführen sein kann, kann man den Standort der Unbestimmtheitsfläche angeben, indem man gleichzeitig vermeidet, den Wegabschnitt zu wählen, der dem errechneten Standort am nächsten ist, jedoch offensichtlich nicht zutreffend ist, da er außerhalb der Unbestimmtheitsfläche gelegen ist.

Umgekehrt, im Fall von mehreren Abschnitten, kann man denjenigen Abschnitt wählen, der für den wahrscheinlichsten gehalten wird, indem man gleichzeitig angibt, daß provisorisch eine Mehrdeutigkeit besteht, die später beseitigt wird, wenn der oder die nicht zutreffenden Abschnitte, die sich bewegende Unbestimmtheitsfläche verlassen.

Im Fall des Fehlens oder einer Vielzahl von Abschnitten in der Unbestimmtheitsfläche nimmt man in vorteilhafter Weise eine Koppelnavigation vor.

In diesem Fall wächst die Unbestimmtheitsfläche weiter bis zu dem Zeitpunkt, in dem sie wieder umgewandelt wird und kleiner wird, wenn die Mehrdeutigkeiten verschwinden.

Im Fall von mehreren Abschnitten in der Unbestimmtheitsfläche wählt man diese vorteilhafterweise aus, indem man Abschnitte ausscheidet, die Navigationskursen entsprechen, die mit den von den Führern gelieferten Werten inkompatibel sind.

Man scheidet so die Mehrzahl der Mehrdeutigkeiten aus.

Vorteilhafterweise bestimmt man die Unbestimmtheitsfläche durch eine Kalman-Filterung der von den Führern gelieferten Werte.

Die Kalman-Filterung ist in den Veröffentlichungen "Navigation partielle optimale et filtrage statistique" P. FAURE et al. Ed. DUNOD, PARIS, und "Le filtrage des applications", Labarre, Ed. CEPADUES, TOULOUSE, FRANKREICH, erläutert.

So nimmt die scheinbare Genauigkeit der Führer allmählich zu, was die Bestimmung von immer ferneren Korrekturen gestattet. Das Anwachsen der Unbe-

stimmtheitsfläche zwischen zwei ihrer Umwandlungen oder Nachstellungen wird auf diese Weise verringert.

Die Erfindung wird nachstehend, auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile, anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Die Zeichnungen zeigen in

Fig. 1 ein Diagramm, das die Schritte des Verfahrens veranschaulicht,

Fig. 2 ein Diagramm, das schematisch die Elemente für die Durchführung des Verfahrens darstellt, und

Fig. 3 eine Karte eines Verkehrswegenetzes, das zur Ortung eines das erfindungsgemäße Verfahren benutzenden Fahrzeugs dient.

Das erfindungsgemäße Verfahren bezieht sich auf die Navigation eines Fahrzeugs in einem Straßensystem, wobei das Fahrzeug im vorliegenden Fall einen Entfernungsfühler (beispielsweise einen Wegstreckenmesser) 1 und eine Fühlereinheit 3 besitzt, das die Richtung und den Standort liefert und im vorliegenden Fall aus einem Richtungsfühler (beispielsweise einem Magnetometer) und einem Standortfühler (beispielsweise einem Meßfühler für ein GPS-Navigations-System) besteht, die in den Fig. 1 und 2 dargestellt sind und Signale 2 bzw. 4 liefern, die insbesondere die zurückgelegte Strecke und den Kurs des Fahrzeugs angeben. Die Signale 2 und 4 werden an ein Kalman-Filter 7 angelegt, von dem ein Eingang mit einer Tastatur 5 verbunden ist, mittels der der Fahrer des Fahrzeugs dem Kalman-Filter ein Signal 6 für die Ausgangsposition des Fahrzeugs eingeben kann (Schritt 40).

Das Kalman-Filter 7 errechnet zyklisch in einem Schritt 41 Daten 8, die einen neuen errechneten Standort 31 (Fig. 3) des Wagens definieren, indem es von einem Zyklus zum anderen einen Bewegungsvektor 22 errechnet, der der Summierung von Einzelbewegungen entspricht, d. h. von Geradensegmenten, die von dem Wegstreckenmesser 1 geliefert und dem entsprechenden Kurs zugeordnet werden, wobei dieser Vektor von dem vorhergehenden errechneten Standort 21 ausgeht und zu dem neuen errechneten Standort 31 führt. Wie später erläutert wird, geht der Bewegungsvektor tatsächlich manchmal (32) von einem Standort aus, der ausgehend von dem errechneten Standort bestimmt worden ist, nachdem er in Abhängigkeit von den Messungen der Fühler nachgestellt wurde, und der somit näher bei dem tatsächlichen Standort ist.

So kann das Kalman-Filter 7 in einem Schritt 42, wie im nachstehenden erläutert wird, signifikante Daten 8a einer Unbestimmtheitsfläche 33 errechnen, die im vorliegenden Fall durch eine Ellipse dargestellt ist, die den neuen errechneten Standort 31 umgibt. Diese Fläche entspricht Standorten, die angesichts der zuvor festgestellten Standortfehler möglich sind, jedoch von vornherein eine geringere Wahrscheinlichkeit als der neue errechnete Standort 31 haben, wobei sie jedoch über einer bestimmten Wahrscheinlichkeitsschwelle liegt. So ist die Fläche 33, ebenso wie eine Unbestimmtheitsfläche 23 dem vorhergehenden Standort 21 zugeordnet ist, dem Standort 31 vor der Nachstellung zugeordnet, und die Fläche 34 ist dem Standort 35 zugeordnet.

Bei diesem Beispiel nahm das Fahrzeug einen geradlinigen Weg von Norden (Pfeil ND) nach Süden, bevor in einem Kreisverkehr 20 nach Westen abbog (gestrichelte Pfeile), so daß die Unbestimmtheitszone 13a, 13b und 13c der vorhergehenden Standorte in der Richtung Nord-Süd zugeordnet hat. (Unbestimmtheit in der Messung des Wegstreckenmessers 1), während die Ost-

West-Unbestimmtheit quasi konstant geblieben ist, da bekannt ist, daß das Fahrzeug sich auf der Straße befindet.

Die Daten 8 und 8A, die den neu errechneten Standort 31 und die Unbestimmtheitsfläche 33 liefern, werden als Eingangssignal an Vergleichsmittel 10 einer vektorisierten elektronischen Karte 9 angelegt, die einen Deskriptor bzw. Beschreiber für die Wege des Straßensystems besitzt.

Nach einem unter bestimmten Umständen stattfindenden Schritt 43, der im nachstehenden erläutert wird, bestimmen die Vergleichsmittel 10 der Karte 9 nun in einem Schritt 44 den Standort von innerhalb der Unbestimmtheitsfläche 33 gelegenen Wegabschnitten N (N positive ganze Zahl), die nun potentiell den realen Standort 35a des Wagens enthalten können. Der errechnete Standort liegt nämlich im allgemeinen — wie im vorliegenden Fall der errechnete Standort 31 — außerhalb jedes Wegs, und selbst wenn er auf einem Weg läge, könnte dieser Weg der falsche sein.

Nach einem unter bestimmten Umständen stattfindenden Schritt 45, der im nachstehenden erläutert wird, und im Falle des Vorhandenseins nur eines Wegabschnitts in der Unbestimmtheitsfläche (33), was in einem Schritt 46 ( $N = 1$ ) nachgeprüft wird, bestimmt man, ob der reale Standort 35a sich auf diesem Abschnitt (36) befindet. Ein den abgeleiteten Standort 35 darstellendes Signal 11 wird an ein die betreffende Region der Karte 9 darstellendes Anzeigegerät 12 angelegt, um in einem Schritt 47 den abgeleiteten Standort 35 auf dem Bild der Karte 9 zu markieren. Das Signal 11 wird auch zu einem Eingang des Kalman-Filters 7 zurückgeführt. Das Kalman-Filter 7 schränkt nun in dem Nachstellschritt 43 die Unbestimmtheitsfläche 33 auf eine, nun Nachstellfläche genannte, Unbestimmtheitsfläche 34 mit abgeflachter Form ein, die durch den oben gewählten Abschnitt 36 bestimmt wird, und zwar vermehrt um seitliche Margen, um der bekannten Genauigkeit der Karte 9 Rechnung zu tragen.

Die Anfangsunbestimmtheit bei der Durchführung des Verfahrens wird a priori nach dem Abstand des betreffenden punktuellen Standorts von dem realen Standort aufgestellt.

Wenn die Unbestimmtheitsfläche 33 auf die Fläche 34 beschränkt ist, stellt das Kalman-Filter 7 nun den errechneten Standort 31 auf den Standort (35) ein, der auf dem gewählten Abschnitt 36 liegt und der die a priori höchste Wahrscheinlichkeit besitzt. Der neue Bewegungsvektor 32 wird nun nachgestellt und geht, wie im vorstehenden angegeben wurde, von dem abgeleiteten Standort 35 und nicht von dem nun offenkundig unrichtigen errechneten Standort 31 aus.

Außerdem führt das Kalman-Filter 7 eine Rechnung zur Abschätzung eines Fehlermodells und damit der Fehler der Fühler 1 und 3 durch, d. h. in Kenntnis des Werts der durchgeführten Standortnachstellung (31, 35) leitet es für jeden Fühler 1, 3 eine Korrekturgesetzmäßigkeit ab, die Bewegungs- und Kurswerte liefert, die zum wahrscheinlichsten Standort 35 führen, und die in der Folge wiederverwendet wird. Da bei einer einzigen Nachstellung im allgemeinen mehrere Bewegungs- und Kurskorrekturpaare angebracht sind und da andere Variable ebenfalls mit Fehlern behaftet sind, ist es zu verstehen, daß die Korrekturgesetzmäßigkeit jedes Fühlers nur allmählich unter Berücksichtigung der Gesamtheit der durch das Kalman-Filter hindurchgegangenen Nachstellungen erstellt wird.

Wenn in einem Schritt 48 festgestellt wird, daß sich



kein Wegabschnitt in der Unbestimmtheitsfläche 33 befindet, ist bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, daß auf dem Anzeigergerät 12 die ganze Unbestimmtheitsfläche 33 sowie der wahrscheinlichste Standort markiert werden und daß eine Koppelnavigation vorgenommen wird (vom Schritt 49 die Schleife zurück zum Schritt 41), indem man auf eine spätere Standortnachstellung wartet. Man kann auch eine Vergrößerung der Ausdehnung der Unbestimmtheitsfläche 33 vorsehen, indem man die Wahrscheinlichkeitsschwelle von vornherein senkt, bis sie einen Straßen- oder Wegabschnitt umfaßt, und die zugeordnete Wahrscheinlichkeit anzeigt.

In der Unbestimmtheitsfläche können sich mehrere Wegabschnitte befinden ( $N > 1$  im Schritt 48), was bei der Fläche 23 der Fall ist. Obwohl man auf die Gefahr hin, daß man sich tauscht, einen anzuzeigenden Standort 25a auf dem nächstgelegenen Wegabschnitt 27 wählen kann, ist hier vorgesehen, den Vergleichsmittel der Karte 9 die den Kurs des Wagens abschätzende Zustandsvariable 11 des Kalman-Filter 7 zu liefern. Dieser Kurs (11), der auch von den früheren, in dem Schritt 44 gelieferten Ergebnissen abgeleitet werden kann, wird im Schritt 45 mit Merkmalen der kandidierenden Wegabschnitte der vektorsierten Karte, d. h. der Richtung des Wegabschnitts und ggf. seine Einbahrrichtung, verglichen.

Außerdem prüfen die Vergleichsmittel 10, ob ein Zusammenhang, d. h. eine Verbindung zwischen dem vorhergehenden tatsächlichen Standort (13c) und jedem der kandidierenden Wegabschnitte 26, 27 durch Wege besteht. Die Wegabschnitte mit Merkmalen, die nicht gleichzeitig die mit dem Kurs und der Verbindung zusammenhängenden Kriterien erfüllen, werden ausgeschlossen, so daß häufig die Anzahl kandidierender Wegabschnitte auf  $N = 1$  reduziert werden (Schritt 46).

Unter "kandidierenden" Wegabschnitten werden hier Wegabschnitte verstanden, die potentiell den tatsächlichen Standort des Fahrzeugs enthalten können. Die Entscheidung erfolgt dann in der beschriebenen Weise, wenn die Unbestimmtheit beseitigt worden ist.

Bei Weiterbestehen einer Mehrdeutigkeit, wie es in diesem Beispiel bei der Fläche 23 der Fall ist, wird im vorliegenden Fall die Unbestimmtheitsfläche 23 angezeigt (unterbrochen gezeichneter Pfeil zum Anzeigergerät 12 in Fig. 1) sowie der Standort 25a auf dem wahrscheinlichsten Wegabschnitt 27.

Man erkennt, wenn die Unbestimmtheitsfläche 23 also den Standort 23a einnehmen würde, würde der Kurs eines Abschnitts 27a zeitlich nach dem Abschnitt 27 die Beseitigung der Mehrdeutigkeit gestatten, indem die getroffene Wahl rückgängig gemacht wird und ein Abschnitt 26a nach dem Abschnitt 26 gewählt wird.

Im Fall einer noch größeren Unbestimmtheitsfläche liefern die Vergleichsmittel 10 ein Datenverarbeitungssignals, das die Form des zurückgelegten Wegs und die relativen Standorte signifikanter Richtungsänderungen synthetisiert. Diese Datenverarbeitungssignals können eine Ableitung eines absoluten Standorts des Fahrzeugs gestatten, indem eine Methode der Bewegungsbahnkorelation, wie sie oben erwähnt wurde, verwendet wird.

Um die Positions- und Formänderungen der Kreuzungen, wie z. B. des Kreisverkehrs 20 oder die Unbestimmtheit, die damit verbunden ist, daß die Kurven eng oder weit "genommen" werden, unberücksichtigt zu lassen, nimmt das beschriebene System keine Nachstellung an den Stellen vor, an denen der Wegverlauf sich schnell

ändern kann, wie z. B. an Kreuzungen. Zu diesem Zweck läßt die Kurs-Zustandsvariable 11 den Vergleich mit der Karte 9 nur zu, wenn der Wagen einen in wesentlichen konstanten Kurs auf einer bestimmten Strecke angehalten hat, die in Form einer anderen (nicht dargestellten) Zustandsvariablen geliefert wird, die vom Kalman-Filter 7 kommt, und zwar ausgehend vom Signal 2 des Wegstreckensensors 1. Man vermag, auf diese Weise eine Interpretation der Wegänderungen, die z. B. mit der Anbindung bzw. Streckenführung eines Kreisverkehrs (20) verbunden sind, einer Kreuzungskandidatur durch Extrapolation der zu untersuchenden Wege mit genau definierten Richtungen entgegen zu werden.

Obwohl das vorliegende Beispiel einen in einem Straßensystem fahrenden Wagen betrifft, kann das erfindungsgemäße Verfahren auf jedes Fahrzeug angewandt werden, das sich auf Boden-, Luft- oder Seeverkehrswege bewegt, wie Flüssen oder gekennzeichneten Navigationsfahrrinnen im Meer, die markiert sein können, damit das Fahrzeugfahren folgt. Im Fall der Navigation auf Seewegen kann außerdem ein Relativgeschwindigkeitsfühler (Log) verwendet werden.

Wenn man über ausreichend leistungsfähige Recheneinrichtungen in den Vergleichsmitteln 10 verfügt, kann man außerdem im Fall des Vorhandenseins von mehreren Wegabschnitten in der Unbestimmtheitsfläche vorsehen, daß das Verfahren auf jeden der Abschnitte angewendet wird, als wenn er der einzige wäre, und daß anschließend allmählich die Abschnitte ausgeschlossen werden, die Navigationsdaten entsprechen, die mit den von den Fühlern 1, 3 gelieferten Werten 2, 4 inkompatibel sind.

Man kann auf diese Weise eine begrenzte Anzahl von potentiellen Bewegungsbahnen rechnerisch verfeinern und sie ausscheiden, wenn die Wahrscheinlichkeit, daß sich das Fahrzeug auf ihnen befindet, kleiner als eine bestimmte Schwelle wird.

#### Patentansprüche

1. Navigationsverfahren an Bord eines Fahrzeugs, in welchem man in Kenntnis des Ausgangsstandorts (6) des Fahrzeugs Standortdaten (8) des Fahrzeugs ausgehend von Werten (2, 4) ermittelt (31, 41), die von an Bord des Fahrzeugs befindlichen Navigationsführern (1, 3) geliefert werden, diese errechneten Daten (8) mit einer vektorsierten elektronischen Karte (9) für einen geografischen Zonen, in der sich das Fahrzeug bewegt, vergleicht, um einen Wegabschnitt (26) zu wählen, der dem wahrscheinlichsten Standort (33) des Fahrzeugs enthält, dadurch gekennzeichnet, daß man für den Vergleich die errechneten Standortdaten (8) durch Daten (18) vergleicht (42), die in eine den errechneten Standort (33) umgebende Unbestimmtheitsfläche (23, 33) repräsentativ sind, daß man mindestens einen Wegabschnitt (26, 27, 36) wählt (44), der im Inneren der Unbestimmtheitsfläche (23, 33) liegt, und daß man dann, wenn man im Wegabschnitt (36, 46) vorhanden ist, die Unbestimmtheitsfläche in eine Nachstellfläche (38) umwandelt, die die Unbestimmtheitsfläche (23, 33) ersetzt, und daß die auf diesen Wegabschnitt (36) anzuwendende 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man im Fall des Fehlens oder einer Vielzahl (48) von Wegabschnitten (26, 27, 36) in der Unbestimmtheitsfläche (23, 33) eine Koppelnavigation (49) durchführt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem man im Fall einer Vielzahl von Wegabschnitten (26, 27, 27a; 36) in der Unbestimmtheitsfläche (23, 33) das Verfahren auf jeden der Wegabschnitte (26, 27, 27a; 36) anwendet, als wenn nur einer vorhanden wäre, und anschließend allmählich diejenigen Wegabschnitte (27a) ausscheidet, die Navigationsdaten (11) entsprechen, die mit den von den Fühlern (1, 3) gelieferten Werten (2, 4) inkompatibel sind. 5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem man im Fall einer Vielzahl (48) von Wegabschnitten (26, 27; 36) in der Unbestimmtheitsfläche (23; 33) diese umwandelt (45), indem man Wegabschnitte (27a) ausscheidet, die Navigationsdaten (11) entsprechen, die mit den von den Fühlern (1, 3) gelieferten Werten (2, 4) inkompatibel sind. 10 15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem man den Vergleich mit der Karte (9) nur zuläßt, wenn das Fahrzeug auf einer bestimmten Strecke einen im wesentlichen konstanten Navigationsparameter (4; 11) eingehalten hat. 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem man die Unbestimmtheitsfläche (23; 33) durch eine Kalman-Filtrierung (7) bestimmt, die von den Fühlern (1; 3) gelieferte Werte (2, 4) verwendet. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem man nach der Kalman-Filtrierung daraus systematische Korrekturen der Kalibrierung der Fühler (1, 3) bestimmt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerselte -

BEST AVAILABLE COPY

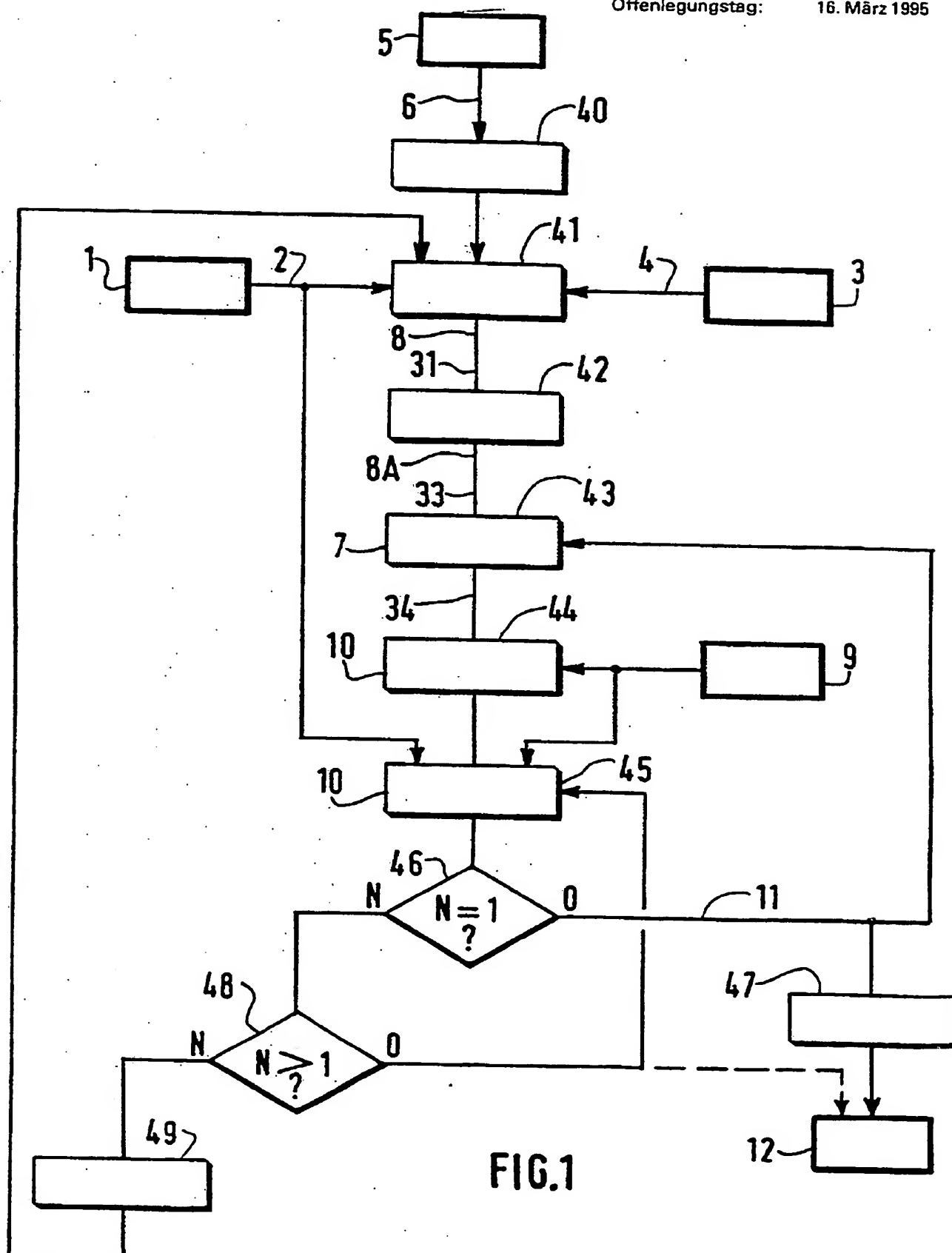


FIG.1



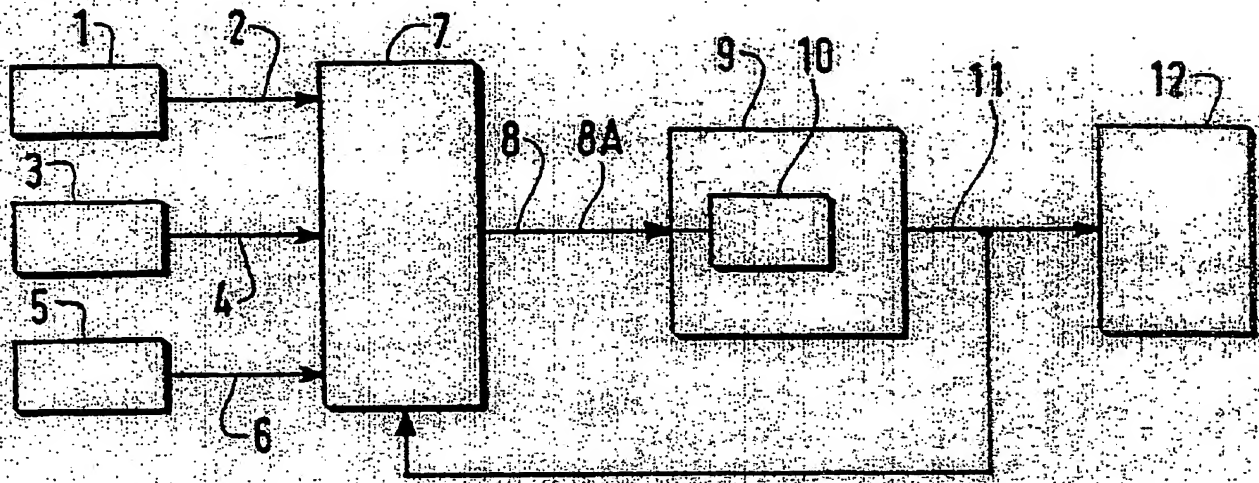


FIG. 2

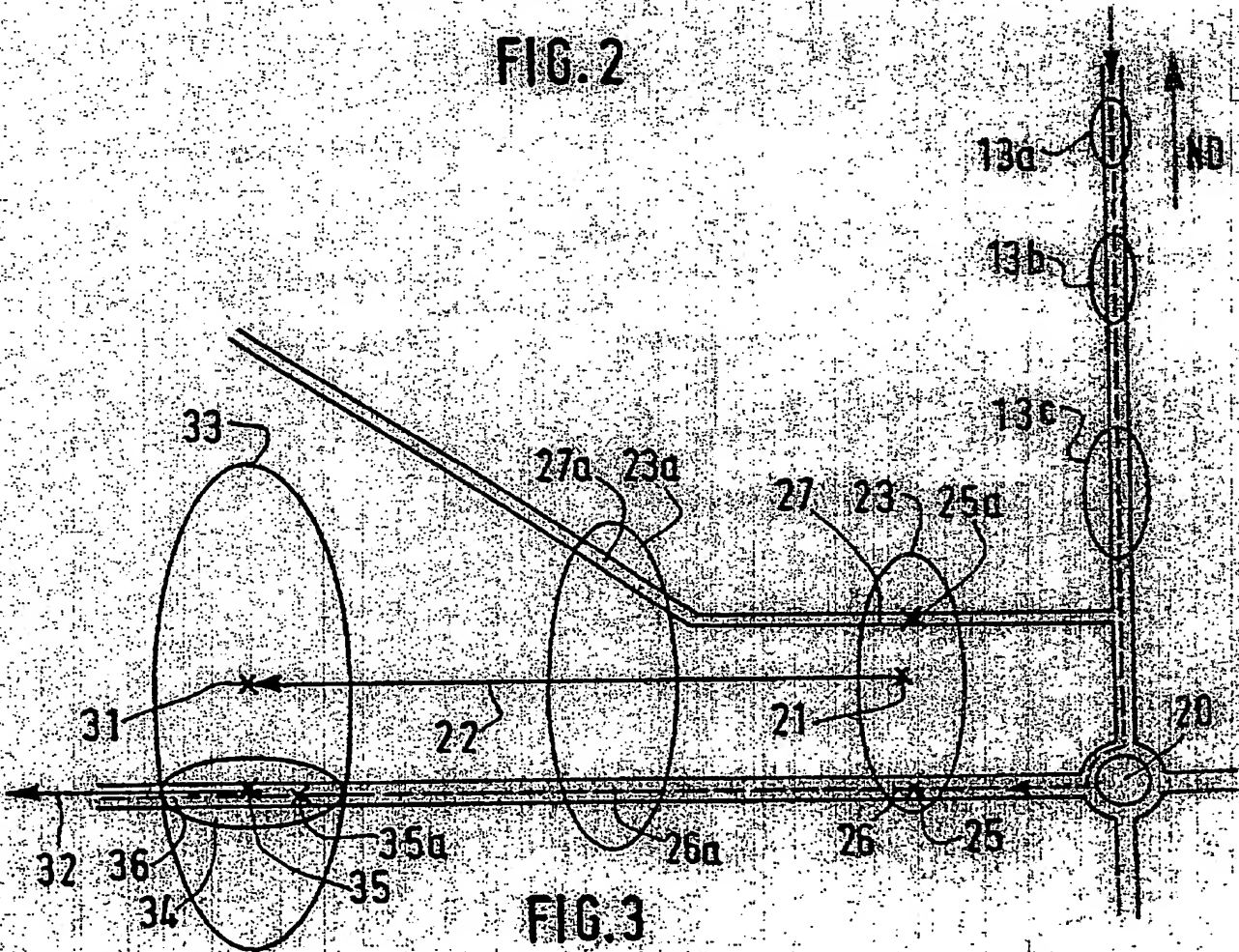


FIG. 3